

**PLONOWANIE BURAKA CUKROWEGO W ZMIENNYCH  
WARUNKACH AGROTECHNICZNYCH I SIEDLISKOWYCH  
CZ. I.  
PLON I JAKOŚĆ KORZENI A TECHNOLOGICZNY PLON CUKRU\***

BEATA MICHALSKA-KLIMCZAK, ZDZISŁAW WYSZYŃSKI

*Katedra Agronomii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

beata\_michalska@sggw.pl

**Synopsis.** W latach 2004–2006 przeprowadzono ściśle doświadczenie polowe z burakiem cukrowym. Założono je w RZD Chylce z odmianą Lubelska, w układzie split-plot z dwoma czynnikami: terminem siewu – wczesnym i opóźnionym o dwa tygodnie oraz nawożeniem azotem w dawkach: 0, 60 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. Celem badań była ocena wpływu warunków siedliskowych i agrotechnicznych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego. Pod wpływem opóźnienia terminu siewu o dwa tygodnie zmniejszyła się końcowa obsada roślin, średnia masa korzeni zawartość sacharozy, a zwiększała zawartość azotu α-aminowego oraz jonów sodu i potasu w korzeniach. Spowodowało to spadek plonu korzeni o 7,5 t·ha<sup>-1</sup> (12,8%) oraz technologicznego plonu cukru o 1,5 t·ha<sup>-1</sup> (15,6%). Nawożenie azotem w dawce 120 kg N·ha<sup>-1</sup> w porównaniu z kontrolą zwiększyło plon korzeni o 15,1 t·ha<sup>-1</sup> (28,3%) oraz technologicznego plonu cukru o 2,4 t·ha<sup>-1</sup> (27,3%). Największą zawartością cukru, najmniejszą jonów sodu i potasu oraz azotu α-aminowego charakteryzowały się korzenie buraków nawożonych 60 kg N·ha<sup>-1</sup>.

**Słowa kluczowe** – *key words*: burak cukrowy – *sugar beet*, plon korzeni – *roots yield*, technologiczny plon cukru – *sugar yield*, termin siewu – *sowing date*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*

## WSTĘP

Plon korzeni buraka cukrowego jest warunkowany jego składowymi – końcową obsadą roślin i średnią masą korzenia [Cakmakci i in. 1998, Wyszyński 2003]. O liczbie roślin na jednostce powierzchni decyduje początkowy okres wegetacji, a średnia masa korzenia narasta w ciągu całego okresu wegetacji i jest zależna od plonu biomasy ogółem i dystrybucji asymilatów prowadzącej do jak największego udziału biomasy korzeni w plonie biomasy ogółem [Scott i Jaggard 1993].

Problem jakości technologicznej korzeni jest niewątpliwie bardzo ważnym zagadnieniem zarówno ze względu na plon cukru jak i wymagania przemysłu cukrowniczego [Campbell 2002]. Przy niskim poziomie plonów uzyskiwanych w Polsce ciągle podstawowe znaczenie w ocenie plonowania buraków cukrowych ma plon korzeni i zawartość w nich cukru [Wyszyński i in. 1998, 2004]. Oddziaływanie czynników agrotechnicznych na technologiczny plon cukru buraków cukrowych następuje przede wszystkim przez wpływ na plon korzeni, a następnie zawartość sacharozy w korzeniach, która jest najbardziej kontrolowana przez warunki siedliskowe (także przez odmianę) [Nowakowski i Krüger 1997]. Ważna jest także zawartość w korzeniach buraka związków melasotwórczych (azot α-aminowy oraz jony sodu i potasu)

\* Badania objęte finansowaniem przez MNiSzW projekt Nr N 310 015 31/1235

utrudniających proces produkcji cukru. Celem uprawy buraka cukrowego jest zatem dążenie do uzyskania jak największego technologicznego plonu cukru, który jest funkcją plonu korzeni i ich wartości technologicznej [Artyszak i in. 1999, Rozbicki i in. 1997].

Celem badań była ocena plonowania buraka cukrowego w zmiennych warunkach agrotechnicznych (różne terminy siewu) i siedliskowych (warunki pogodowe w latach badań i dawki azotu).

## MATERIAŁ I METODY

W latach 2004–2006 na polu doświadczalnym Katedry Agronomii SGGW w Warszawie, w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Chylce (52°05' N, 20°33' E) przeprowadzono 2-czynnikowe doświadczenie polowe z burakiem cukrowym w układzie split-plot w czterech powtórzeniach. Gleby, na których prowadzono badania to czarne ziemie zdegradowane, wytworzone z piasku gliniastego akumulacji lodowcowej na glinie zwałowej lekkiej. Są to gleby kompleksu żytniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IIIb i IVa. Charakteryzowały się one zgodnym z wymaganiami buraków cukrowych bliskim obojętnemu odczynem, wysoką zasobnością w fosfor oraz średnią w potas i magnez.

Badanymi czynnikami w ścisłym doświadczeniu polowym były termin siewu i dawka nawożenia azotem. Kłębki buraka cukrowego wysiewano w dwu terminach: optymalnym w rejonie prowadzenia badań (13 IV) i opóźnionym o dwa tygodnie (27 IV). Drugim czynnikiem była dawka azotu: 0, 60 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. Dawki azotu 60 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup> wysiewano w całości w formie saletry amonowej na kilka dni przed siewem buraków zgodnie ze schematem doświadczenia.

Powierzchnia poletek wynosiła 54,0 m<sup>2</sup> (10 m długość x 12 rzędów x 0,45 m szerokość międzyrzędzi). Rzędy zewnętrzne i 0,5 metrowe pasy brzeżne na każdym poletku przyjęto jako obsiew. Powierzchnia do zbioru wynosiła 28,4 m<sup>2</sup>. Wysiewano jednonasienne kłębki odmiany Lubelska o kalibrze 3,5–4,75 mm i LZK 98,0% w odstępach co 15,8 cm w rzędzie. Przedplonem dla buraka cukrowego w każdym roku badań była pszenica ozima. Po jej zbiorze pole kultywatorowano i wykonywano podorywkę z bronowaniem. Obornik bydlęcy w dawce 35 t·ha<sup>-1</sup> oraz nawozy fosforowe i potasowe (80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 160 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>) przyorywano orką przedzimową bez wyskibienia na głębokość 25–30 cm.

Podczas zbioru z każdego poletka określono plon korzeni, liczbę roślin i średnią masę korzenia. W próbkach korzeni oznaczono ich cechy jakościowe na automatycznej linii Venema w Stacji Hodowli Roślin Straszków. Określono następujące parametry: zawartość sacharozy, azotu α-aminowego i jonów Na<sup>+</sup> i K<sup>+</sup>. Uzyskane wyniki pozwoliły obliczyć technologiczny plon cukru (w t·ha<sup>-1</sup>). Wyniki poddano ocenie statystycznej za pomocą analizy wariancji.

W poszczególnych latach badań warunki pogodowe w okresie wegetacji buraka cukrowego przedstawiono w tabeli 1. Suma i rozkład opadów w okresie badań były zróżnicowane. Największa suma opadów w okresie wegetacyjnym (388,7 mm) wystąpiła w roku 2006 i była bliska potrzebom opadowym buraka cukrowego określonym przez Dzieżyca i in. [1987]. Opady w roku 2004 były mniejsze o 44,2 mm, a w roku 2005 aż o 110,9 mm. Rozkład opadów w 2006 roku o największej ich sumie był bardzo niekorzystny. Ponad połowa z sumy opadów w okresie wegetacyjnym spadła w sierpniu (203,1 mm), natomiast maj, czerwiec, a szczególnie lipiec charakteryzowały się bardzo dużymi niedoborami opadów w porównaniu z potrzebami buraka cukrowego. W lipcu opady wyniosły tylko 6,1 mm. Znacznie korzystniejszy rozkład opadów obserwowano w 2004 roku. Występowały one bardziej równomiernie w miesiącach największych potrzeb opadowych buraka cukrowego, tj. czerwcu, lipcu i sierpniu. Rozkład opadów

Tabela 1. Miesięczne sumy opadów i średnie miesięczne temperatury w latach badań 2004–2006 oraz zapotrzebowanie buraka na opady wg Dzieżycy [1987]

Table 1. Monthly rainfall and average daily temperature sums in vegetation period during 2004–2006 and water requirements after Dzieżyc [1987]

Lata Years	Miesiące – Months							Suma – Sum (IV–X)
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Opady (mm) – Rainfall (mm)								
2004	78,7	38,8	69,5	55,2	40,8	21,2	40,3	344,5
2005	23,7	56,6	39,6	102,4	27,9	22,0	5,6	277,8
2006	51,0	47,6	30,0	6,1	203,1	8,9	42,0	388,7
Potrzeby opadów wg Dzieżycy – Rainfall requirements after Dzieżyc								
	18,0	65,0	74,0	85,0	78,0	54,0	34,0	408,0
Średnie miesięczne temperatury (°C) – Monthly average temperature (°C)								
2004	8,9	11,9	15,3	17,3	17,5	12,5	9,6	–
2005	8,8	13,3	15,7	19,7	16,9	15,7	8,8	–
2006	9,2	14,0	18,6	24,2	18,3	16,5	11,7	–

w roku 2005 zapewniał potrzeby opadowe buraka cukrowego od początku okresu wegetacji do lipca włącznie. W tym roku duży niedobór opadów wystąpił w pozostałych miesiącach okresu wegetacji. Średnie miesięczne temperatury w poszczególnych latach badań wskazują, że rok 2006 był najcieplejszy. Średnia miesięczna temperatura w każdym miesiącu tego roku była wyższa w porównaniu z latami 2004 i 2005.

## WYNIKI BADAŃ

Składowe plonu korzeni buraka cukrowego, tj. końcowa obsada roślin i średnia masa korzenia charakteryzowały się większym zróżnicowaniem na tle lat badań niż pod wpływem czynników doświadczenia (tab. 2). Największą końcową liczbę roślin uzyskano w 2005 roku, która średnio dla badanych czynników wynosiła 110,3 tys., a najmniejszą – 70,2 tys. w 2006 roku. W roku 2005 o największej liczbie roślin średnia masa korzenia była najmniejsza. Średni korzeń buraka cukrowego w tym roku ważył 0,55 kg i był mniejszy od średniego korzenia z roku 2004 o 0,34 kg (o 62,8%). Średnia masa korzenia w 2004 roku wynosiła 0,89 kg. Opóźnienie terminu siewu średnio za lata badań spowodowało spadek końcowej liczby roślin o 2,4 tys. roślin·ha<sup>-1</sup> (o 2,9%), lecz w poszczególnych latach badań czynnik ten działał różnie. W latach 2004 i 2006 wczesny siew gwarantował istotnie większą końcową obsadę roślin w porównaniu z siewem opóźnionym, a w 2005 roku była ona większa na poletkach z opóźnionym terminem siewu. Dawka azotu 60 kg N·ha<sup>-1</sup> średnio za lata jak i w każdym roku badań powodowała zwiększenie końcowej liczby roślin; była ona średnio za badany okres istotnie większa o 4,3 tys. (o 5,2%) w porównaniu z kontrolą. Wzrost nawożenia do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> był przyczyną spadku końcowej liczby roślin w każdym roku, ale różnica nie była udowodniona statystycznie.

Tabela 2. Składowe plonu korzeni  
 Table 2. Root yield components

Czynnik i poziomy <i>Factor and levels</i>		Lata – Years			
		2004	2005	2006	2004–2006
Końcowa obsada roślin (tys. szt.·ha <sup>-1</sup> ) – <i>Final plant density (thous. pieces per ha)</i>					
Termin siewu <i>Sowing date</i>	13 IV	75,3	108,8	72,8	85,6
	27 IV	70,2	111,7	67,7	83,2
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	2,5	r.n.	2,0	2,2
Dawka azotu <i>Nitrogen rate</i> (kg N·ha <sup>-1</sup> )	0	70,5	106,2	70,1	82,3
	60	75,4	112,4	71,9	86,6
	120	72,2	112,2	68,7	84,4
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	3,7	r.n.	r.n.	3,2
Średnia dla lat – <i>Mean for years</i>		72,7	110,3	70,2	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		3,1			–
Średnia masa korzenia – <i>Average mass of root (kg)</i>					
Termin siewu <i>Sowing date</i>	13 IV	0,92	0,58	0,90	0,77
	27 IV	0,86	0,51	0,86	0,70
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,04	0,02	0,05	0,02
Dawka azotu <i>Nitrogen rate</i> (kg N·ha <sup>-1</sup> )	0	0,77	0,49	0,77	0,65
	60	0,89	0,57	0,91	0,75
	120	1,02	0,58	0,96	0,81
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,06	0,03	0,05	0,03
Średnia dla lat – <i>Mean for years</i>		0,89	0,55	0,88	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		0,03			–
Plon korzeni – <i>Roots yield (t·ha<sup>-1</sup>)</i>					
Termin siewu <i>Sowing date</i>	13 IV	69,4	63,5	65,5	66,1
	27 IV	60,5	57,3	58,0	58,6
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	2,2	1,8	1,5	1,0
Dawka azotu <i>Nitrogen rate</i> (kg N·ha <sup>-1</sup> )	0	54,1	52,3	53,8	53,4
	60	66,8	63,5	65,3	65,2
	120	73,9	65,4	66,2	68,5
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	3,3	2,7	2,2	1,5
Średnia dla lat – <i>Mean for years</i>		65,0	60,4	61,7	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		1,4			–

r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

Opóźnienie siewu o 14 dni zmniejszyło średnią masę korzenia o 0,07 kg (o 9,7%) przeciętnie za lata badań. Dawka 60 kg N·ha<sup>-1</sup> powodowała przyrost średniej masy korzenia o 0,10 kg (o 16,0%) w porównaniu z kontrolą, a dawka azotu 120 kg N·ha<sup>-1</sup> o dalsze 0,06 kg (o 7,8%). Wpływ nawożenia azotem na końcową masę korzenia był podobny w poszczególnych latach badań.

Plon korzeni był istotnie determinowany przez termin siewu i nawożenie azotem. Różnił się on także w latach badań (tab. 2). Opóźnienie terminu siewu o 14 dni (z 13 IV na 27 IV) spowodowało istotny spadek plonu korzeni średnio za trzy lata badań jak i w poszczególnych latach. Średni plon korzeni z kombinacji z opóźnionym terminem siewu był mniejszy o 7,5 t·ha<sup>-1</sup> (o 12,8%). Największy spadek plonu pod wpływem opóźnienia terminu siewu stwierdzono w roku 2004 o największym poziomie plonowania i wynosił on 8,9 t·ha<sup>-1</sup> (14,7%). Zastosowanie azotu w dawce 60 kg N·ha<sup>-1</sup> zwiększyło średni plon korzeni o 11,8 t·ha<sup>-1</sup> (o 22,1%), a przy dawce 120 kg N·ha<sup>-1</sup> o 15,1 t·ha<sup>-1</sup> (o 28,3%) w porównaniu z kontrolą. Przyrost masy korzeni po zastosowaniu, najwyższej dawki azotu w porównaniu z dawką 60 kg N·ha<sup>-1</sup> średnio za badany okres był istotny i wynosił 3,3 t·ha<sup>-1</sup> (5,1%). Był on spowodowany dużym przyrostem plonu korzeni w 2004 roku, w którym różnica plonu pomiędzy porównywanymi dawkami azotu wynosiła 7,1 t·ha<sup>-1</sup> (10,6%). W pozostałych latach stwierdzono większy plon korzeni przy nawożeniu 120 kg N·ha<sup>-1</sup> w porównaniu z dawką 60 kg N·ha<sup>-1</sup>, ale uzyskana różnica nie była istotna. Różnice w plonach korzeni pomiędzy latami badań były mniejsze od uzyskanych pod wpływem zróżnicowania poziomów czynników doświadczenia.

Zawartość sacharozy, podstawowej cechy determinującej wartość technologiczną korzeni, zależała istotnie od czynników doświadczenia i lat badań (tab. 3). W większym stopniu była modyfikowana przez lata badań. Największą zawartość cukru zawierały korzenie buraka w 2004 i 2005 roku i wynosiła ona odpowiednio 19,5 i 19,2%. Zawartość sacharozy w roku 2006 była niższa i wynosiła 16,7%. Opóźnienie terminu siewu powodowało istotny spadek zawartości sacharozy w korzeniach. Średnio w badanym okresie korzenie buraka cukrowego

Tabela 3. Zawartość sacharozy i składników melasotwórczych  
Table 3. Content of sucrose and molasses producing components

Czynnik i poziomy <i>Factor and levels</i>		Lata – Years			
		2004	2005	2006	2004–2006
Sacharoza – <i>Sucrose</i> (%)					
Termin siewu <i>Sowing date</i>	13 IV	19,7	19,4	17,0	18,6
	27 IV	19,4	19,1	16,5	18,2
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,2	0,2	0,2	0,1
Dawka azotu <i>Nitrogen rate</i> (kg N·ha <sup>-1</sup> )	0	19,4	19,3	16,6	18,3
	60	19,9	19,5	17,1	18,7
	120	19,3	19,0	16,5	18,2
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,2	0,3	0,3	0,2
Średnia dla lat – <i>Mean for years</i>		19,5	19,2	16,7	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		0,2			–

Tabela 3. c.d.  
Table 3. cont.

Azot $\alpha$ -aminowy – $\alpha$ -amine nitrogen (mmol·kg <sup>-1</sup> miazgi – pulp)					
Termin siewu <i>Sowing date</i>	13 IV	9,7	6,9	7,9	8,0
	27 IV	10,0	7,0	9,9	8,9
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	0,8	0,4
Dawka azotu <i>Nitrogen rate</i> (kg N·ha <sup>-1</sup> )	0	7,7	5,3	8,4	7,1
	60	9,1	7,2	8,5	8,2
	120	12,7	8,2	9,9	10,0
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	1,3	1,1	1,1	0,7
Średnia dla lat – <i>Mean for years</i>		9,9	6,9	8,9	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		0,7			–
Jony sodu (Na <sup>+</sup> ) – <i>Sodium ions (Na<sup>+</sup>)</i> (mmol·kg <sup>-1</sup> miazgi – pulp)					
Termin siewu <i>Sowing date</i>	13 IV	4,2	3,6	4,4	4,0
	27 IV	4,8	3,5	5,3	4,5
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	0,6	0,3
Dawka azotu <i>Nitrogen rate</i> (kg N·ha <sup>-1</sup> )	0	4,7	3,6	5,0	4,4
	60	4,2	3,4	4,3	4,0
	120	4,6	3,6	5,2	4,5
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	n.i.	0,3	0,9	0,4
Średnia dla lat – <i>Mean for years</i>		4,5	3,5	4,9	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		0,4			–
Jony potasu (K <sup>+</sup> ) – <i>Potassium ions (K<sup>+</sup>)</i> (mmol·kg <sup>-1</sup> miazgi – pulp)					
Termin siewu <i>Sowing date</i>	13 IV	40,6	34,4	48,2	41,1
	27 IV	40,1	35,3	49,2	41,6
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Dawka azotu <i>Nitrogen rate</i> (kg N·ha <sup>-1</sup> )	0	42,5	34,2	50,4	42,4
	60	37,6	34,4	46,8	39,8
	120	40,9	35,9	48,9	42,0
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	1,4	1,6	3,0	1,3
Średnia dla lat – <i>Mean for years</i>		40,3	34,9	48,7	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		1,3			–

r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

wysianego później charakteryzowały się niższą o 0,4 pkt.% zawartością sacharozy. Podobna różnica na tle terminów siewu wystąpiła w kolejnych latach badań. Dawka 60 kg N·ha<sup>-1</sup>, w porównaniu z kontrolą, zwiększała zawartość sacharozy średnio za trzy lata badań o 0,4 pkt.%. Po zwiększeniu dawki azotu do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> stwierdzono spadek zawartości sacharozy o 0,5 pkt.% w porównaniu z nawożeniem 60 kg N·ha<sup>-1</sup>. Wzrost zawartości cukru przy nawożeniu 60 kg N·ha<sup>-1</sup> w porównaniu z kontrolą i jej spadek po zwiększeniu dawki azotu do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> obserwowano w każdym roku badań. Występujące różnice były istotne.

Korzenie buraków z kombinacji z opóźnionym terminem siewu zawierały więcej azotu α-aminowego oraz jonów potasu i sodu. Nawożenie azotem zwiększało istotnie zawartość azotu α-aminowego. Stwierdzono większy wzrost zawartości tego melasotworu po zwiększeniu nawożenia z 60 do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> niż w przypadku porównania dawki 60 kg N·ha<sup>-1</sup> z kontrolą. Zastosowanie 60 kg N·ha<sup>-1</sup> spowodowało wzrost azotu α-aminowego o 15,5% w porównaniu z kontrolą, natomiast nawożenie 120 kg N·ha<sup>-1</sup> zwiększyło jego zawartość w porównaniu z dawką 60 kg N·ha<sup>-1</sup> o 23,2%. Dawka 60 kg N·ha<sup>-1</sup>, w porównaniu z kontrolą, powodowała spadek zawartości kationów Na<sup>+</sup> i K<sup>+</sup> w korzeniach, a dalszy wzrost nawożenia do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> przyczynił się do wzrostu ich zawartości.

Wpływ czynników doświadczenia na technologiczny plon cukru był modyfikowany udziałem poszczególnych składowych plonu w jego kształtowaniu oraz wpływem czynników doświadczenia na te składowe. Opóźnienie terminu siewu o 14 dni spowodowało istotny spadek plonu cukru o 1,5 t·ha<sup>-1</sup> (15,6%) średnio za trzy lata badań, a o 1,8; 1,4 i 1,4 t·ha<sup>-1</sup> (o 17,0; 14,1 i 16,9%) w poszczególnych latach (tab. 4). Nawożenie azotem zwiększało istotnie plon cukru przy porównaniu dawki 60 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup> z kontrolą. Różnica w plonie cukru pomiędzy dawką 120 a 60 kg N·ha<sup>-1</sup> była istotnie większa tylko w 2004 roku. W latach 2005 i 2006 technologiczny plon cukru przy nawożeniu 120 kg N·ha<sup>-1</sup> był nawet mniejszy jak przy dawce 60 kg N·ha<sup>-1</sup>. Dawka azotu 120 kg N·ha<sup>-1</sup> zwiększała plon korzeni, ale w większym stopniu obniżała ich wartość technologiczną. Plon cukru z hektara przy dawce 60 kg N·ha<sup>-1</sup> w porównaniu z kontrolą był większy średnio za badany okres o 2,3 t·ha<sup>-1</sup> tj. o 26,1%.

Tabela 4. Technologiczny plon cukru (t·ha<sup>-1</sup>)

Table 4. Technological sugar yield (t·ha<sup>-1</sup>)

Czynnik i poziomy <i>Factor and levels</i>		Lata – Years			
		2004	2005	2006	2004–2006
Termin siewu <i>Sowing date</i>	13 IV	12,4	11,3	9,7	11,1
	27 IV	10,6	9,9	8,3	9,6
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,3	0,3	0,2	0,2
Dawka azotu <i>Nitrogen rate</i> (kg N·ha <sup>-1</sup> )	0	9,4	9,2	7,7	8,8
	60	12,1	11,3	9,7	11,1
	120	12,9	11,3	9,5	11,2
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,5	0,5	0,4	0,2
Średnia dla lat – <i>Mean for years</i>		11,5	10,6	9,0	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		0,2			–

## DYSKUSJA

Plony korzeni buraka cukrowego i ich jakość są funkcją bezpośredniego wpływu wielu czynników środowiskowych i agrotechnicznych oraz ich współdziałań. Märlander [1991] uważa, że na plon korzeni buraka cukrowego wpływa przede wszystkim dobór stanowiska i warunków klimatycznych w okresie wegetacji, a wpływ czynników agrotechnicznych jest mniejszy. Wyniki trzyletnich badań własnych także charakteryzują się większą zmiennością plonowania pomiędzy latami badań niż w zależności od badanych czynników. Opóźnienie terminu siewu o 14 dni powodowało istotny spadek plonu korzeni średnio za trzy lata jak i w poszczególnych latach badań. Plon korzeni średnio za badany okres był mniejszy o 7,5 t·ha<sup>-1</sup> (11,0%). Wpływ opóźnionego terminu siewu na plon korzeni potwierdzili w swoich badaniach inni autorzy [Borówczak i in. 1986, Koźmiński i Michalska 1995, Wyszynski i in. 1998]. Gutmański [1986] wykazał silną zależność plonu korzeni i zawartości cukru od długości okresu wegetacji. Największy spadek plonu korzeni przy opóźnionym terminie siewu odnotowano w 2004 roku o najwyższym średnim plonie korzeni. Korzystne warunki pogodowe w całym okresie wegetacji tego roku sprzyjały wykorzystaniu efektu wczesnego terminu siewu. Zwiększenie dawki azotu z 0 do 60 kg N·ha<sup>-1</sup> jak i do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> powodowało przyrost plonu korzeni. W porównaniu z kontrolą plon korzeni przy dawce 60 kg N·ha<sup>-1</sup> był większy o 11,8 t·ha<sup>-1</sup> (22,1%). Wzrost nawożenia do dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup> spowodował dalszy przyrost plonu korzeni o 3,3 t·ha<sup>-1</sup> (5,1%). Podobne wyniki uzyskali inni autorzy [Malnou i in. 2006, Nowakowski i Krüger 1997, Rozbicki i Kalinowska-Zdun 1991].

W prezentowanych badaniach przyrost plonu korzeni pod wpływem wczesnego terminu siewu i dawki azotu 60 kg N·ha<sup>-1</sup> był efektem większej końcowej obsady roślin i większej średniej masy korzenia przy tych poziomach badanych czynników. Dalszy wzrost dawki do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> powodował spadek końcowej obsady roślin o 2,6%, a wzrost średniej masy korzenia o 7,8%. Większy przyrost w wartościach względnych średniej masy korzeni jak spadek obsady powodował wzrost plonu korzeni przy dawce 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. W badaniach innych autorów wzrost obsady do poziomu 80–100 tys. szt·ha<sup>-1</sup> skutkował przyrostem plonu korzeni [Borówczak i in. 1986, Cakmakci i in. 1998, Cambell 2002, Wyszynski i in. 2004]. Scott i Jaggard [1993] stwierdzili natomiast, że wzrost obsady ponad 100 tys. szt·ha<sup>-1</sup> przyczynia się do spadku plonu cukru w wyniku wzajemnego zacieniania liści i mniejszego pochłaniania promieniowania. W badaniach własnych mimo największej obsady roślin w 2005 roku nie uzyskano największego plonu korzeni.

Przyrost technologicznego plonu cukru przy wczesnym terminie siewu wynikał z większego plonu korzeni i zwiększonej o 0,4 pkt.% zawartości cukru. Zawartość związków melasotwórczych była również niższa przy wcześniejszym terminie siewu. Podobny efekt uzyskali inni autorzy [Borówczak i in. 1986, Wyszynski 2003]. Zbliżony technologiczny plon cukru uzyskany przy nawożeniu 60 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup> wynikał ze spadku zawartości sacharozy i większej zawartości azotu  $\alpha$ -aminowego oraz jonów sodu i potasu w korzeniach buraka cukrowego nawożonych 120 kg N·ha<sup>-1</sup> mimo uzyskania istotnie większego plonu korzeni uzyskanego przy tym poziomie nawożenia. Ponieważ celem uprawy buraka cukrowego jest technologiczny plon cukru, dawkę 60 kg N·ha<sup>-1</sup> w warunkach doświadczalnych należy uznać za odpowiednią. Ujemną korelację pomiędzy zawartością cukru, a azotu  $\alpha$ -aminowego wykazali w swych badaniach Palmer i Casburn [1985]. Natomiast Scott i Jaggard [2000] oraz Kenter i in. [2005] stwierdzili, że wczesny termin siewu oraz dobry układ pogody w trakcie wzrostu buraka cukrowego wpływają na wzrost plonu technologicznego cukru.



## WNIOSKI

1. Opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie zmniejszyło końcową obsadę roślin i średnią masę korzenia oraz zawartość sacharozy, a zwiększyło azotu  $\alpha$ -aminowego oraz jonów sodu i potasu. Powodowało to spadek plonu korzeni o  $7,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (12,8%) oraz technologicznego plonu cukru o  $1,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (15,6%).
2. Nawożenie azotem w dawce  $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w porównaniu z kontrolą powodowało przyrost końcowej obsady roślin i średniej masy korzenia oraz zawartości sacharozy, a spadek zawartości jonów sodu i potasu, co skutkowało przyrostem plonu korzeni o  $11,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (22,1%) i technologicznego plonu cukru o  $2,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (26,1%).
3. Nawożenie azotem w dawce  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w porównaniu z  $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  powodowało względnie mniejszy spadek końcowej obsady roślin, a większy przyrost średniej masy korzenia, co gwarantowało wzrost plonu korzeni o  $3,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (5,1%). Korzenie buraka przy nawożeniu  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  zawierały mniej sacharozy, a więcej azotu  $\alpha$ -aminowego oraz jonów  $\text{Na}^+$  i  $\text{K}^+$ . W efekcie technologiczny plon cukru przy tym poziomie nawożenia nie był większy.

## PIŚMIENICTWO

- Artyszak A., Podlaska J., Mądry W. 1999. Analiza współczynników ścieżek technologicznego plonu cukru buraka cukrowego i cech ładu ujawniających się w trakcie ontogenezy. Roczn. Nauk Rol., Ser. A. 114(1-2): 41-54.
- Borówczak F., Pelczyński W., Sobiech S. 1986. Wpływ terminów siewu i gęstości roślin na plon buraków cukrowych w warunkach deszczowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 327: 73-81.
- Cakmakci R., Oral E., Kantar F. 1998. Root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in relation to plant population. J. Agron. Crop Sci. 180: 45-52.
- Campbell L.G. 2002. Sugar beet quality improvement. In: Quality improvement in field crops. Basra A.S., Randhawa L.S. (ed.). The Haworth Press Inc., Binghampton, NY: 395-413.
- Dzieżyc J., Nowak L., Panek K. 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 314: 11-32.
- Gutmański I. 1986. Kompleksowa technologia produkcji buraka cukrowego. Wyd. IHAR Radzików: ss.48.
- Kenter C., Hoffmann C., Märlander B. 2006. Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). Eur. J. Agron. 24: 62-69.
- Koźmiński C., Michalska B. 1995. Terminy siewu buraków cukrowych w Polsce w zależności od temperatury i wilgotności gleby. Zesz. Nauk. AR Szczecin 167, Rol. 60: 35-47.
- Malnou C.S., Jaggard K.W., Sparkes D.L. 2006. A canopy approach to nitrogen fertilizer recommendations for the sugar beet crop. Eur. J. Agron. 25: 254-263.
- Märlander B. 1991. Einfluss der Erntezeit. Zuckerrüben – Produktionssteigerung bei Zuckerrüben als Ergebnis der Optimierung von Anbauverfahren und Sortenwahl sowie durch Züchtungsfortschritt – Versuch einer Analyse anhand langjähriger Feldversuche in Nordwestdeutschland. Ute Bernhardt-Pätzold Druckerei und Verlag, Stadthagen, Deutschland: 79-91.
- Nowakowski M., Krüger K.W. 1997. Wpływ dawek azotu stosowanych w trzech terminach na wielkość i jakość plonu buraka cukrowego. Cz. 1. Zawartość azotu mineralnego w profilu glebowym w okresie wiosennym. Biul. IHAR 202: 105-115.
- Palmer M., Casburn C. 1985. Amino nitrogen analyses-factory experiences. Br. Sugar Beet Rev. 53: 73-76.
- Rozbicki J., Kalinowska-Zdun M. 1991. Badania nad siewami punktowymi buraka cukrowego. Cz. 3. Wpływ odmian, odległości w rzędzie i nawożenia azotem na cechy jakościowe plonu. Roczn. Nauk Rol., Ser. A 109(2): 47-56.

- Rozbicki J., Kalinowska-Zdun M., Mądry W., Wyszyński Z. 1997. Uwarunkowanie technologicznego plonu sacharozy buraka cukrowego przez jego składowe w zmiennych warunkach uprawowych. Mat. konf. „Postęp w uprawie buraka cukrowego”, Warszawa 4–5 września 1997: 113–115.
- Scott R.K., Jaggard K.W. 1993. Crop physiology and agronomy. In: The sugar beet crop: Science into Practice, Cooke D.A., Scott R. K. (Eds). Chapman and Hall, London: 179–237.
- Scott R.K., Jaggard K.W. 2000. Impacts of weather, agronomy and breeding on yields of sugarbeet grown in the UK since 1970. *J. Agric. Sci.* 134: 341–352.
- Wyszyński Z. 2003. Zmienność cech roślin buraka cukrowego w łanie oraz plonowanie i jakość korzeni pod wpływem czynników środowiskowo-agrotechnicznych. Wyd. SGGW Warszawa: ss.136.
- Wyszyński Z., Kalinowska-Zdun M., Gazdowski D., Michalska B. 2004. Plonowanie buraka cukrowego na plantacjach produkcyjnych w rejonie Polski środkowej. *Biul. IHAR* 234: 49–55.
- Wyszyński Z., Kalinowska-Zdun M., Mądry W., Laudański Z., Roszkowska B., Rozbicki J. 1998. Agronomical and environmental factors affecting sugar beet yielding in central and eastern Poland. *Sci. Agric. Bohem.* 29(3–4): 183–192.

B. MICHALSKA-KLIMCZAK, Z. WYSZYŃSKI

## SUGAR BEET YIELDING IN VARIOUS AGRONOMICAL AND ENVIRONMENTAL CONDITIONS

### PART 1.

#### YIELD AND ROOT QUALITY VS. TECHNOLOGICAL SUGAR YIELD

#### Summary

A field experiment on sugar beet was conducted in the years 2004–2006. The experiment has been set-up at Research Station Chylice facility with the Lubelska cultivar in a split-plot with two experimental factors: date of sowing – early and two weeks delayed, and nitrogen fertilization at rates of 0, 60 and 120 kg N·ha<sup>-1</sup>.

The goal of study was evaluation of impact of site and agro-technical conditions on yield and beet root quality. Sowing delay of two weeks resulted in decrement of yield parameters such as end plant count and mean root mass, while among technological qualities the sugar content was dropping with simultaneous increment of concentration of  $\alpha$ -amino-nitrogen as well as sodium and potassium ions. This resulted with a beet root yield decrement by 7.5 t·ha<sup>-1</sup> (12.8%) and technological sugar yield by 1.5 t·ha<sup>-1</sup> (15.6%). Nitrogen fertilization at a rate of 120 kg N·ha<sup>-1</sup> allowed an increment of beet root yield by 15.1 t·ha<sup>-1</sup> (28.3%) and technological sugar yield increment by 2.4 t·ha<sup>-1</sup> (27.2%). Despite the final plant density being the largest at a nitrogen rate of 60 kg N·ha<sup>-1</sup>, the mean root mass was the largest at a rate of 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. Sugar content was the largest and concentration of sodium as well as potassium ions was the lowest under fertilization at a rate of 60 kg N·ha<sup>-1</sup>, while concentration of  $\alpha$ -amino-nitrogen was the largest at a nitrogen rate of 120 kg N·ha<sup>-1</sup>.